

101157 0004 / 010262

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



EPO4/10262

EPO - Munich
83

26. Okt. 2004

REC'D 09 NOV 2004

WIPO PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

103 45 157.9

Anmeldetag:

29. September 2003

Anmelder/Inhaber:

Infineon Technologies AG,
81669 München/DE

Bezeichnung:

Wärmeleitende Verpackung von elektronischen
Schaltungseinheiten

IPC:

H 01 L 23/42

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. Oktober 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Schmidt C.

Beschreibung

Wärmeleitende Verpackung von elektronischen Schaltungseinheiten

5

Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein eine wärmeleitende Verpackung zur Entwärmung elektronischer Schaltungseinheiten, und betrifft insbesondere eine Verpackungsvorrichtung zur Verpackung elektronischer Schaltungseinheiten mit einem
10 Verpackungsmittel, das die elektronische Schaltungseinheit umgibt und das elektrisch isolierend ist, wobei in dem Verpackungsmittel Partikel dispergiert sind, welche eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen, um Wärme von der elektronischen Schaltungseinheit zu einer Außenseite einer Verpackung hin
15 abzuführen.

Eine zunehmende Miniaturisierung elektronischer Schaltungseinheiten erfordert es, dass eine effiziente Entwärmung bzw. eine effiziente Wärmeabfuhr der in den elektronischen Schaltungseinheiten umgesetzten Wärme zu der Außenseite eines
20 Gehäuses bzw. einer Verpackung hin erfolgt. Eine Wärmeentwicklung, die bei einem Betrieb von integrierten Schaltungen, welche beispielsweise auf Siliziumbasis betrieben werden, entsteht, muss daher effektiv an die Umgebung abgeführt werden.

Der entsprechende Wärmestrom durchläuft dabei eine Reihe von Materialien mit unterschiedlichen thermischen Eigenschaften. Derartige Materialien umfassen beispielsweise bei einem Halbleistungshalbleiter das Material Silizium mit einer guten
30 Wärmeleitfähigkeit, ein Gehäusematerial aus einer organischen Pressmasse, das eine schlechte Wärmeleitfähigkeit aufweist, eine Kupferplatte oder einen metallischer Kühlkörper mit einer entsprechend guten Wärmeleitfähigkeit; oder bei einer
35 Hochleistungs-CPU (Central Processing Unit, zentrale Verarbeitungseinheit) die Materialien Silizium mit guter Wärmeleitfähigkeit, Klebemittel mit schlechter Wärmeleitfähigkeit

und einen Wärmeverteiler mit guter Wärmeleitfähigkeit, ein weiteres Klebemittel mit schlechter Wärmeleitfähigkeit, eine Kupferplatte mit guter Wärmeleitfähigkeit und einen Kühlkörper mit entsprechend guter Wärmeleitfähigkeit.

5

Da derartige Materialien hinsichtlich des Wärmestroms in Reihe angeordnet sind, gibt das Element mit dem größten thermischen Widerstand bzw. der schlechtesten Wärmeleitfähigkeit ein Maß für eine obere Grenze der Wärmeleitfähigkeit der Verpackung der elektronischen Schaltungseinheit vor. In dem oben genannten Beispiel ist der Kleber bzw. das Gehäusematerial bzw. das Verpackungsmittel der elektronischen Schaltungseinheit das Element, das den größten thermischen Widerstand aufweist.

10

15

In herkömmlicher Weise sind Materialien, die als thermische Leiter, Klebemittel etc. verwendet werden, als organische Kunststoffe bereitgestellt, wie beispielsweise Epoxide, Polyimide etc. Die Wärmeleitfähigkeit derartiger organischer Kunststoffe beträgt typischerweise 0,2 W/mK. Es ist somit ein Nachteil herkömmlicher Verpackungsmittel, dass deren Wärmeleitfähigkeit einen sehr geringen Wert aufweist. Unter anderem Weise kann die durch die zunehmende Miniaturisierung elektronischer Schaltungseinheiten entstehende Wärme nicht mehr in ausreichendem Maße abgeführt werden.

20

30

Zur Behebung dieses Nachteils ist vorgeschlagen worden, die thermische Leitfähigkeit derartiger organischer Kunststoffe durch eine Einbringung von Partikeln oder Clustern zu erhöhen, welche eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Insbesondere ist vorgeschlagen worden, Siliziumpartikel in die organischen Kunststoffe einzubringen, wobei die entstehenden Kompositmaterialien dann Wärmeleitfähigkeiten in dem Bereich um 1 W/mK erreichen (W = Watt, m = Meter, K = Kelvin).

35

Fig. 3 zeigt eine herkömmliche Verpackungsvorrichtung zur Verpackung eines Leistungshalbleiters mittels eines Komposit-

materials, welches Siliziumpartikel enthält. Innerhalb des Verpackungsmittels befindet sich ein Metall als ein Basiskörper, auf welchem ein Siliziumchip (Si-Chip) angebracht ist. Zur elektrischen Kontaktierung dienen elektrische Anschlüsse, die mit dem Siliziumchip über einen Verbindungspfad elektrisch verbunden sind.

In nachteiliger Weise ist die in Fig. 3 gezeigte Anordnung zur Entwärmung von Leistungshalbleitern bei höheren Wärmeentwicklungen nicht geeignet, da das Kompositmaterial mit dem eingebrachten Silizium-Partikeln eine zu geringe Wärmeleitfähigkeit im Bereich von 1 W/mK aufweist.

Weiterhin ist vorgeschlagen worden, einen Wärmeverteiler für elektronische Schaltungen vorzusehen, der ein Matrixmaterial umfasst, in welches Kohlenstoff-Nanoröhrchen eingebracht sind, wie in der US 6,407,922 B1 beschrieben. Derartige Kohlenstoff-Nanoröhrchen (CNT, Carbon Nano Tube) sind in hohem Maße thermisch leitfähig und wirken sehr effektiv, eine Wärme von einer Schaltungseinheit in einer Richtung abzutransportieren.

Weiterhin ist aus der Publikation "Biercuk et al.: Applied Physics Letters, vol. 80, no. 15, p. 2767 ff. (2002) Carbon nanotube composites for thermal management" bekannt, Kohlenstoff-Nanoröhrchen-Komposite zur Wärmeleitung einzusetzen. Ein Nachteil der offenbarten Vorrichtungen zur Wärmeleitung besteht darin, dass die Komposite mit einem zunehmenden Anteil von Kohlenstoff-Nanoröhrchen elektrisch leitend werden, was dazu führt, dass der Füllungsanteil begrenzt ist.

In nachteiliger Weise beträgt der Füllungsanteil von Kohlenstoff-Nanoröhrchen bei derartigen Wärmeleitungseinrichtungen 0,1 % bis 0,2 %. Dies führt unzuweckmäßiger Weise dazu, dass eine Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit eingeschränkt ist.

Es ist somit ein wesentlicher Nachteil herkömmlicher Verfahren und Vorrichtungen zur Verpackung elektronischer Schaltungseinheiten, dass die Verpackungsmittel keine ausreichende Wärmeleitfähigkeit bei einer erforderlichen elektrischen

5 Isolation aufweisen.

Es ist somit eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Verpackungsvorrichtung zur Verpackung elektronischer Schaltungseinheiten zu schaffen, die eine ausreichende thermische

10 Leitfähigkeit bei guten Isolationseigenschaften aufweist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Verpackungsvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Ferner wird die Aufgabe durch ein im Patentanspruch 15 angegebenes

15 Verfahren gelöst. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Ein wesentlicher Gedanke der Erfindung besteht darin, eine hohe Wärmeleitfähigkeit von Nanoelementen, beispielsweise

20 Kohlenstoff-Nanoröhrchen, zu nutzen, indem diese in ein Verpackungsmittel einer Verpackungsvorrichtung dispergiert werden, wobei in vorteilhafter Weise eine ausreichende elektrische Isolation durch ein Unterdrücken der elektrischen Leitfähigkeit der Nanoelemente bereitgestellt wird.

In zweckmäßiger Weise wird eine Leitfähigkeit der Nanoelemente bzw. der Nanoröhrchen dadurch bereitgestellt, dass die Nanoelemente mit einer elektrisch isolierenden Ummantelungsschicht versehen werden. Weiterhin ist es vorteilhaft, dass

30 die in dem Verpackungsmittel dispergierten Partikel, die durch die Nanoelemente mit der hohen Wärmeleitfähigkeit bereitgestellt werden, derart funktionalisiert sind, dass elektrische Leitungseigenschaften der Nanoelemente unterdrückt werden.

35

Nanoelemente, die als Nanoröhrchen ausgebildet sind, weisen entlang ihrer Längsachse eine besonders gute Wärmeleitfähig-

keit auf, so dass es in vorteilhafter Weise möglich ist, die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente in ihrer Längsachse parallel zumindest in einem Wärmestrom, der zwischen der Schaltungseinheit und einer Außenseite der Verpackungsvorrichtung fließt, ausrichtbar sind.

Weiterhin ist es zweckmäßig, eine Länge der Nanoröhrchen deutlich kürzer einzustellen als eine Dicke des Verpackungsmittel für die elektronische Schaltungseinheit. Durch eine Einbringung von Nanoelementen in das Verpackungsmittel wird weiterhin der Vorteil erzielt, dass das gesamte Kompositmaterial durch die Beimischung von Nanoröhrchen äußerst hart und dadurch kratzfest wird.

Die erfindungsgemäße Verpackungsvorrichtung zur Verpackung elektronischer Schaltungseinheiten weist im Wesentlichen auf:

a) ein Verpackungsmittel, das die elektronische Schaltungseinheit umgibt und das elektrisch isolierend ist; und

b) in dem Verpackungsmittel dispergierte Partikel, welche eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen, wobei die in dem Verpackungsmittel dispergierten Partikel als Nanoelemente ausgebildet sind.

Ferner weist das erfindungsgemäße Verfahren zum Verpacken elektronischer Schaltungseinheiten im Wesentlichen die folgenden Schritte auf:

a) Bereitstellen eines Verpackungsmittels, das elektrisch isolierend ist;

b) Dispergieren von Partikeln, welche eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen, in dem Verpackungsmittel; und

c) Umgeben der elektronischen Schaltungseinheit mit dem Verpackungsmittel, in welchem die Partikel mit der hohen Wärme-

leitfähigkeit dispergiert sind, wobei die in dem Verpackungsmittel dispergierten Partikel als Nanoelemente bereitgestellt werden.

- 5 Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung sind die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente als Nanoröhrchen bereitgestellt. Weiterhin ist es zweckmäßig, die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente als Siliziumnanodrähte vorzusehen.

10

Bevorzugtermaßen sind die Nanoröhrchen im Wesentlichen aus Kohlenstoff aufgebaut und somit als Kohlenstoff-Nanoröhrchen (CNT = Carbon Nano Tube) ausgebildet.

- 15 Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung sind die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente mit einer elektrisch isolierenden Ummantelungsschicht versehen. Somit ist es zweckmäßig, dass eine hohe Wärmeleitfähigkeit bei einer gleichzeitigen Unterdrückung der elektrischen Leitfähigkeit der dispergierten Partikel erhalten wird. Weiterhin ist es möglich, dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente derart funktionalisiert sind, dass elektrische Leitungseigenschaften der Nanoelemente unterdrückt werden. Weiterhin ist es vorteilhaft, dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente derart intrinsisch dotiert sind, dass ein metallisches π -System eliminiert ist.

20

- 30 Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung sind die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente als Kohlenstoff-Nanoröhrchen (CNT) bereitgestellt und mit Stickstoff (N) und/oder mit Bor (B) derart intrinsisch dotiert, dass das metallische π -System eliminiert ist.

35

Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung sind die die dispergierten Partikel bil-

denden Nanoelemente als Hetero-Nanoröhrchen bereitgestellt, welche eine große Bandlücke aufweisen. Vorzugsweise sind die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente als derartige Hetero-Nanoröhrchen bereitgestellt, welche Bornitrid (BN), Bohr-Kohlenstoffnitrid (BCN) und/oder Vanadiumpentoxid (V_2O_5) enthalten.

Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung sind die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente mit einer Längsachse parallel zu mindestens einem Wärmestrom, der zwischen der Schaltungseinheit und einer Außenseite der Verpackungsvorrichtung fließt, ausgerichtet.

Vorzugsweise weisen die Längsachsen der die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente Ausdehnungen auf, die wesentlich kleiner als eine Dicke des Verpackungsmittels sind.

Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung weist die elektrisch isolierende Ummantelungsschicht, z.B. Polymere, Tenside, Oxide (SiO_2 , Ta_2O_5), welche die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente umgibt, eine Schichtdicke in einem Bereich von 5 nm bis 50 nm (Nanometer) auf.

Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird das Verpackungsmittel nach einem Umgeben der elektronischen Schaltungseinheit mit dem Verpackungsmittel, in welchem die Partikel mit der hohen Wärmeleitfähigkeit dispergiert sind, ausgehärtet. Vorzugsweise wird das Aushärten bei einer erhöhten Temperatur bereitgestellt.

Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird ein Wärmestrom von der Schaltungseinheit zu einer Außenseite der Verpackungsvorrichtung über das Verpackungsmittel, in welchem die Partikel mit der hohen

Wärmeleitfähigkeit dispergiert sind, transportiert, um die Schaltungseinheit zu kühlen.

5 Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vor-
liegenden Erfindung wird ein Wärmestrom von einer Außenseite
der Verpackungsvorrichtung zu der Schaltungseinheit über das
Verpackungsmittel, in welchem die Partikel mit der hohen
Wärmeleitfähigkeit dispergiert sind, transportiert, um die
Schaltungseinheit zu erwärmen.

10 Vorzugsweise werden die die dispergierten Partikel bildenden
Nanoelemente mit einer Längsachse parallel zu mindestens
einem Wärmestrom, der zwischen der Schaltungseinheit und
einer Außenseite der Verpackungsvorrichtung fließt, ausge-
15 richtet.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen
dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher er-
läutert.

20 In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine Verpackungsvorrichtung, in welcher eine Lei-
stungshalbleiter als eine elektronische Schaltungs-
einheit verpackt ist, gemäß einem bevorzugten Aus-
führungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 eine Verpackungsvorrichtung, die in einem Flip-
Chip-Gehäuse angeordnet ist, gemäß einem weiteren
30 bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden
Erfindung; und

Fig. 3 eine herkömmliche Verpackungsvorrichtung für elekt-
ronische Schaltungseinheiten.

35 In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder
funktionsgleiche Komponenten oder Schritte.

Bei der in Fig. 1 gezeigten Anordnung ist eine elektronische Schaltungseinheit 102, die auf einem Basiskörper 103 aufgebracht ist, in der erfindungsgemäßen Verpackungsvorrichtung
5 verpackt gezeigt. Die Schaltungseinheit 102 und der Basiskörper 103 bilden beispielsweise einen Leistungshalbleiter derart, dass der Basiskörper 103 aus einem Metall ausgelegt ist, auf welchem ein Siliziumchip (Si-Chip) aufgebracht ist.

10 Zur elektrischen Kontaktierung der Schaltungseinheit 102 dient eine Anschlusseinheit 104, welche mit der Schaltungseinheit 102 über eine Verbindungseinheit 105 verbunden ist. Zur Verpackung des aus der Schaltungseinheit 102 und dem Basiskörper 103 gebildeten Leistungshalbleiters dient ein
15 Verpackungsmittel 100, welches die Schaltungseinheit 102, den Basiskörper 103, die Verbindungseinheit 105 und einen Teil der Anschlusseinheit 104 umgibt. Der nach außen vorstehende Teil der Anschlusseinheit 104 dient einer elektrischen Kontaktierung der Schaltungseinheit 102.

20 Es sei darauf hingewiesen, dass, um eine Funktionsfähigkeit der Schaltungseinheit 102 aufrecht zu erhalten, eine hohe Isolationsfähigkeit des Verpackungsmittels 100 vorhanden sein muss. Das heißt, das Verpackungsmittel 100 muss einen elektrischen Isolator darstellen, um jegliche Spannungsdurchbrüche, die insbesondere bei Leistungshalbleitern bzw. Leistungsbauteilen auftreten können, zu verhindern.

.. Erfindungsgemäß ist das Verpackungsmittel 100 mit Partikeln
30 versetzt, die in dem Verpackungsmittel 100 dispergiert sind. Fig. 1 (a) zeigt die Verpackungsvorrichtung 100 mit der elektronischen Schaltungseinheit 102 und den als Nanoelementen 101 ausgebildeten dispergierten Partikeln.

35 Fig. 1 (b) zeigt ein Detail A der Fig. 1 (a). In Fig. 1 (b) ist zu ersehen, dass ein Nanoelement 101 mit einer Ummantlungsschicht 106 versehen ist, welche elektrisch isolierend

ist. Auf diese Weise wird es ermöglicht, die sehr guten Wärmeleitungs-eigenschaften mit einer elektrischen Isolation zu kombinieren. Eine derartige isolierende Umhüllungsschicht bzw. Ummantelungsschicht 106 weist eine Schichtdicke vorzugsweise im Bereich von 5 bis 50 Nanometern (nm) auf, in noch bevorzugter Weise beträgt die Schichtdicke 25 nm. Bei einer Dicke der Ummantelungsschicht 106 von 25 nm beträgt der Mindestabstand zwischen den Nanoelementen 101, die vorzugsweise aus Kohlenstoff-Nanoröhrchen ausgebildet sind, 50 nm.

Dieser Mindestabstand zwischen den Kohlenstoff-Nanoröhrchen ist ausreichend, um eine hervorragende elektrische Isolation des Verpackungsmittels sicherzustellen. Bei Kohlenstoff-Nanoröhrchen mit typischen Durchmessern von 10 nm beträgt der maximale, geometrisch mögliche Volumenanteil für eine derartige Konfiguration 3 % und ist damit wesentlich höher als der Anteil von Kohlenstoff-Nanoröhrchen in herkömmlichen Verpackungsmitteln, welcher, wie obenstehend erläutert, bei 0,2 % bis 0,3 % liegt. Ein besonderer Vorteil liegt in der extrem hohen Wärmeleitfähigkeit von Kohlenstoff-Nanoröhrchen, die in der Größenordnung von 6000 W/mK in axialer Richtung liegt. Bei einer Verringerung der Schichtdicke der Ummantelungsschicht 106 auf 5 nm, welche in manchen Fällen geeignet ist, um eine gute elektrische Isolation sicherzustellen, ergibt sich ein Volumenanteil der Kohlenstoff-Nanoröhrchen in der Größenordnung von 25 %.

Es sei darauf hingewiesen, dass ein Abstand der Kohlenstoff-Nanoröhrchen untereinander lediglich groß genug sein muss, um ein Fließen von Tunnelströmen zu verhindern.

Weiterhin ist es möglich, dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente derart funktionalisiert werden, dass ein elektrisches Leitungsverhalten der Nanoelemente unterdrückt wird. Dies wird beispielsweise durch ein "Funktionalisieren" von Kohlenstoff-Nanoröhrchen erreicht. Es sei darauf hingewiesen, dass die in Fig. 1 (b) gezeigte Isolierung von

Kohlenstoff-Nanoröhrchen gemäß einem bevorzugten Ausführungs-
beispiel der vorliegenden Erfindung nur eine Möglichkeit

darstellt, die Nanoelemente elektrisch zu isolieren. Bei
einem Funktionalisieren (in den Figuren nicht gezeigt) von

5 Kohlenstoff-Nanoröhrchen wird die hohe Wärmeleitfähigkeit des
phononischen Systems, d.h. der thermisch angeregten Schwin-
gungen der Gitteratome aufrecht erhalten, da die Wärmeleitfä-
higkeit weitgehend unabhängig von der elektrischen Leitfähig-
keit ist. Die elektrische Leitfähigkeit der Kohlenstoff-

10 Nanoröhrchen beruht auf der Tatsache, dass die Leitungselekt-
ronen ein delokalisiertes π -Elektronensystem ausbilden.

Eine derartige Unabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit
von der Wärmeleitfähigkeit wird beispielsweise auch in einem

15 Diamant-Material bereitgestellt. Diamant-Material weist eine
sehr hohe Wärmeleitfähigkeit auf, die von dem phononischen
System des Diamant-Materials getragen wird, während das Dia-
mant-Material ein ausgezeichneter elektrischer Isolator ist.

20 Bei Kohlenstoff-Nanoröhrchen ist es möglich, das elektroni-
sche System durch ein kontrolliertes chemisches Funktionali-
sieren, d.h. einen chemischen Angriff, beispielsweise mit
Halogenen, Schwefel und/oder Sauerstoff-Gruppen derart zu
modifizieren, dass der metallische Charakter der Kohlenstoff-
Nanoröhrchen unterdrückt wird. Durch eine derartige Funktio-
nalisierung werden die für das phononische System maßgebli-
chen Bindungsverhältnisse zwischen den Kohlenstoffatomen der
Kohlenstoff-Nanoröhrchen nur wenig beeinflusst.

Dies führt dazu, dass die wärmeleitenden Eigenschaften erhal-
30 ten bleiben, während gleichzeitig eine elektrische Leitfähig-
keit eliminiert wird.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorlie-
genden Erfindung, die in den Figuren nicht gezeigt ist, ist
35 es möglich, die die dispergierten Partikel bildenden Nanoele-
mente 102 derart intrinsisch zu dotieren, dass ein metalli-
sches π -System eliminiert wird. Ein derartiges intrinsisches

Dotieren von Kohlenstoff-Nanoröhrchen erfolgt beispielsweise mit Stickstoff oder Bor, wodurch das metallische Π -System zerstört wird.

- 5 Es sei darauf hingewiesen, dass ein derartiges Funktionalisieren und/oder intrinsisches Dotieren Durchschnittsfachleuten bekannt ist, wie beispielsweise in den Publikationen "Seifert et al.: Applied Physics Letters, vol. 77, p. 1313 ff., (2000): Molecular wires, solenoids, and capacitors by
10 sidewall functionalization of carbon nanotubes" und "Goldberg et al.: Chemical Physics Letters, vol. 308, p. 307 ff. (1999): Single-walled B-doped Carbon, B/N-doped carbon and BN nanotubes synthesized from single-walled carbon nanotubes through substitution reaction" offenbart.

15

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform werden die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente 102 als Hetero-Nanoröhrchen bereitgestellt, derart, dass eine große Bandlücke entsteht. Derartige Hetero-Nanoröhrchen sind bei-
20 spielsweise aus einem Material BN (Bornitrid), BCN (Bor-Kohlenstoffnitrid) und/oder V_2O_5 (Vanadiumpentoxid) mit jeweils großen Energielücken ausgebildet.

So beträgt die Energielücke für Bornitrid (BN) beispielsweise 5 eV derart, dass die Bandlücke zu einem elektrisch isolierenden Verhalten führt. Es sei darauf hingewiesen, dass die Bandlücke bei Silizium lediglich < 1 eV beträgt.

- Hinsichtlich der thermischen Leitfähigkeit weisen die Hetero-
30 Nanoröhrchen die gleiche räumliche Anordnung wie die Atome bekannter Kohlenstoff-Nanoröhrchen auf. Es ist daher bei den Hetero-Nanoröhrchen eine ähnliche Struktur des phononischen Systems wie bei den Kohlenstoff-Nanoröhrchen gegeben, derart, dass eine ausgezeichnete Wärmeleitfähigkeit der Hetero-
35 Nanoröhrchen bereitgestellt wird.

Durchschnittsfachleuten sind Herstellungsverfahren von beispielsweise Bornitrid-Nanoröhrchen bekannt, wie in der Publikation "Fuentes et al.: Physical Review B, vol. 67, p. 035429 ff. (2003): Electronic structure of multiwall boron nitride nanotubes" offenbart.

Fig. 2 zeigt ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung. Ein Basiskörper 103 ist als ein Halteelement angeordnet, der eine Grundlage eines Flip-Chip-Gehäuses bildet. Der Basiskörper 103 ist beispielsweise aus einem Metall ausgeführt, auf welches das Verpackungsmittel 100 aufgebracht ist, das die Nanoelemente 101 enthält.

In der in Fig. 2 gezeigten Anordnung ist eine integrierte Schaltungseinheit auf einem Siliziumchip als die Schaltungseinheit 102 angeordnet, die mit Schaltungseinheits-Anschlusselementen 107 versehen ist. Zur Isolation der Schaltungseinheit 102 von dem Basiskörper 103 dient das Verpackungsmittel 100, das erfindungsgemäß mit Nanoelementen 101 versehen ist. Die Nanoelemente 101 stellen, wie bereits unter Bezugnahme auf Fig. 1 obenstehend erwähnt, eine ausgezeichnete Wärmeleitfähigkeit des Verpackungsmittels dar, derart, dass Wärmeströme zwischen dem Basiskörper 103 und der Schaltungseinheit 102 effizient übertragen werden können.

Erfindungsgemäß ist eine elektrische Leitfähigkeit der Nanoelemente unterdrückt, derart, dass das Verpackungsmittel 100, das in dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung als ein Verbindungsmittel zwischen dem Basiskörper 103 und der Schaltungseinheit 102 fungiert, eine ausreichende elektrische Isolationseigenschaft aufweist.

Bezüglich der in Fig. 3 dargestellten, herkömmlichen Verpackungsvorrichtung wird auf die Beschreibungseinleitung verwiesen.

Obwohl die vorliegende Erfindung vorstehend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Weise modifizierbar.

5

Auch ist die Erfindung nicht auf die genannten Anwendungsmöglichkeiten beschränkt.

Patentansprüche

1. Verpackungsvorrichtung zur Verpackung elektronischer Schaltungseinheiten (102), mit:

5

a) einem Verpackungsmittel (100), das die elektronische Schaltungseinheit (102) umgibt und das elektrisch isolierend ist; und

10 b) in dem Verpackungsmittel (100) dispergierten Partikeln, welche eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass

15 c) die in dem Verpackungsmittel (100) dispergierten Partikel als Nanoelemente (101) ausgebildet sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

20 dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente (101) als Nanoröhrchen bereitgestellt sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente (101) als Siliziumnanodrähte bereitgestellt sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

30 dass die Nanoröhrchen im wesentlichen aus Kohlenstoff aufgebaut und als Kohlenstoffnanoröhrchen (CNT) ausgebildet sind.

5. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

35 dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente (101) mit einer elektrisch isolierenden Ummantelungsschicht (106) versehen sind.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
5 (101) derart funktionalisiert sind, dass elektrische Lei-
tungseigenschaften der Nanoelemente (101) unterdrückt werden.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
10 dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
(101) derart intrinsisch dotiert sind, dass ein metallisches
 Π -System eliminiert ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7,
15 dadurch gekennzeichnet,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
(101) als Kohlenstoffnanoröhrchen (CNT) bereitgestellt sind
und mit Stickstoff (N) und/oder mit Bor (B) derart intrin-
sisch dotiert sind, dass das metallisches Π -System elimi-
20 niert ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
(101) als Hetero-Nanoröhrchen bereitgestellt sind, welche
eine große Bandlücke aufweisen.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
30 dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
(101) als Hetero-Nanoröhrchen bereitgestellt sind, welche
Bornitrid (BN), Bor-Kohlenstoffnitrid (BCN) und/oder Vanadi-
umpentoxid (V_2O_5) enthalten.

35 11. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

52340

dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente (101) mit einer Längsachse parallel zu mindestens einem Wärmestrom, der zwischen der Schaltungseinheit (102) und einer Außenseite der Verpackungsvorrichtung fließt, ausgerichtet sind.

12. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente (101) in ihren Längsachsen Ausdehnungen aufweisen, die wesentlich kleiner als eine Dicke des Verpackungsmittels sind.

13. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrisch isolierende Ummantelungsschicht (106), welche die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente (101) umgibt, eine Schichtdicke in einem Bereich von 20 nm bis 30 nm aufweist.

14. Elektrischer Isolator mit einer Verpackungsvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13.

15. Verfahren zum Verpacken elektronischer Schaltungseinheiten (102), mit den Schritten:

a) Bereitstellen eines Verpackungsmittels (100), das elektrisch isolierend ist;

b) Dispergieren von Partikeln, welche eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen, in dem Verpackungsmittel (100); und

c) Umgeben der elektronischen Schaltungseinheit (102) mit dem Verpackungsmittel (100), in welchem die Partikel mit der hohen Wärmeleitfähigkeit dispergiert sind,

dadurch gekennzeichnet, dass

d) die in dem Verpackungsmittel (100) dispergierten Partikel als Nanoelemente (101) bereitgestellt werden.

16. Verfahren nach Anspruch 15,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass das Verpackungsmittel nach einem Umgeben der elektronischen Schaltungseinheit (102) mit dem Verpackungsmittel (100), in welchem die Partikel mit der hohen Wärmeleitfähigkeit dispergiert sind, ausgehärtet wird.

10

17. Verfahren nach Anspruch 15,

15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass ein Wärmestrom von der Schaltungseinheit (102) zu einer Außenseite der Verpackungsvorrichtung über das Verpackungsmittel (100), in welchem die Partikel mit der hohen Wärmeleitfähigkeit dispergiert sind, transportiert wird, um die Schaltungseinheit (102) zu kühlen.

18. Verfahren nach Anspruch 15,

20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass ein Wärmestrom von einer Außenseite der Verpackungsvorrichtung zu der Schaltungseinheit (102) über das Verpackungsmittel (100), in welchem die Partikel mit der hohen Wärmeleitfähigkeit dispergiert sind, transportiert wird, um die Schaltungseinheit (102) zu erwärmen.

19. Verfahren nach Anspruch 15,

30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente (101) als Nanoröhrchen bereitgestellt werden.

20. Verfahren nach Anspruch 15,

35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente (101) als Siliziumnanodrähte bereitgestellt werden.

21. Verfahren nach Anspruch 15,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Nanoröhrchen im wesentlichen aus Kohlenstoff in der
Form von Kohlenstoffnanoröhrchen (CNT) hergestellt werden.

- 5 22. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 und 19 bis 21,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
(101) mit einer elektrisch isolierenden Ummantelungsschicht
(106) überzogen werden.

10

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 und 19 bis 21,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
(101) derart funktionalisiert werden, dass elektrische Lei-
15 tungseigenschaften der Nanoelemente (101) unterdrückt werden.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 und 19 bis 21,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
20 (101) derart intrinsisch dotiert werden, dass ein metalli-
sches Π -System eliminiert wird.

25. Verfahren nach Anspruch 24,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
(101) als Kohlenstoffnanoröhrchen (CNT) bereitgestellt werden
und mit Stickstoff (N) und/oder mit Bor (B) derart intrin-
sisch dotiert werden, dass das metallisches Π -System elimi-
niert wird.

30

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 und 19 bis 21,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
(101) als Hetero-Nanoröhrchen bereitgestellt werden, welche
35 eine große Bandlücke aufweisen.

27. Verfahren nach Anspruch 26,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
(101) als Hetero-Nanoröhrchen bereitgestellt werden, welche
Bornitrid (BN), Bor-Kohlenstoffnitrid (BCN) und/oder Vanadi-
5 umpentoxid (V_2O_5) enthalten.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 27,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
10 (101) mit einer Längsachse parallel zu mindestens einem Wär-
mestrom, der zwischen der Schaltungseinheit (102) und einer
Außenseite der Verpackungsvorrichtung fließt, ausgerichtet
werden.

15 29. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 28,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
(101) in ihren Längsachsen Ausdehnungen aufweisen, die we-
sentlich kleiner als eine Dicke des Verpackungsmittels sind.

Zusammenfassung

- . Wärmeleitende Verpackung von elektronischen Schaltungseinheiten

5

Die Erfindung schafft eine Verpackungsvorrichtung zur Verpackung elektronischer Schaltungseinheiten (102), die ein Verpackungsmittel (100), das die elektronische Schaltungseinheit (102) umgibt und das elektrisch isolierend ist, und in dem Verpackungsmittel (100) dispergierte Partikel aufweist, welche eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen, wobei die in dem Verpackungsmittel (100) dispergierten Partikel als Nanoelemente (101) ausgebildet sind.

15 Figur 1

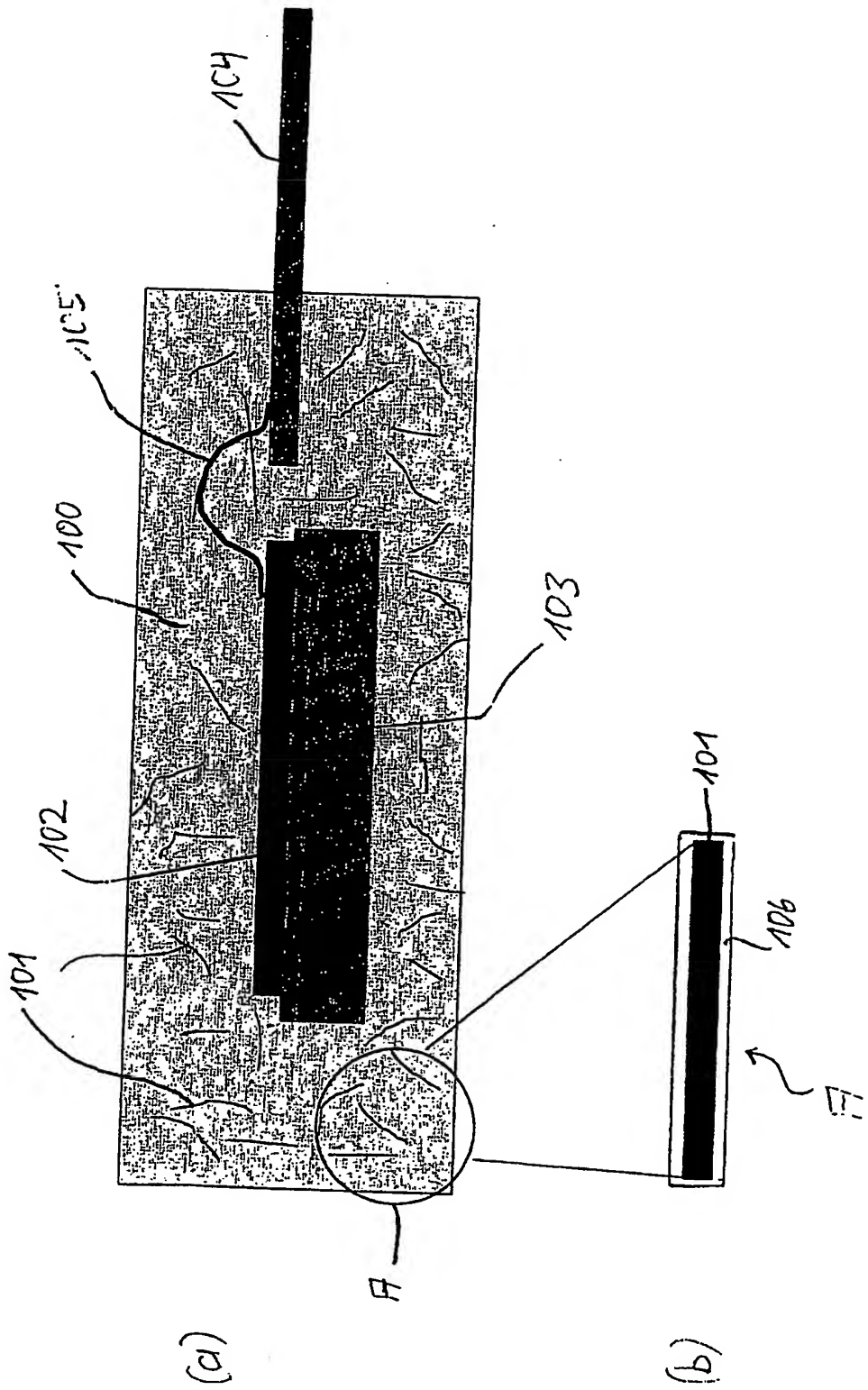


Fig. 1

Bezugszeichenliste

In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder funktionsgleiche Komponenten oder Schritte.

5

100	Verpackungsmittel
101	Nanoelemente.
102	Schaltungseinheit
103	Basiskörper
104	Anschlusseinheit
105	Verbindungseinheit
106	Ummantelungsschicht
107	Schaltungseinheit-Anschlusselemente

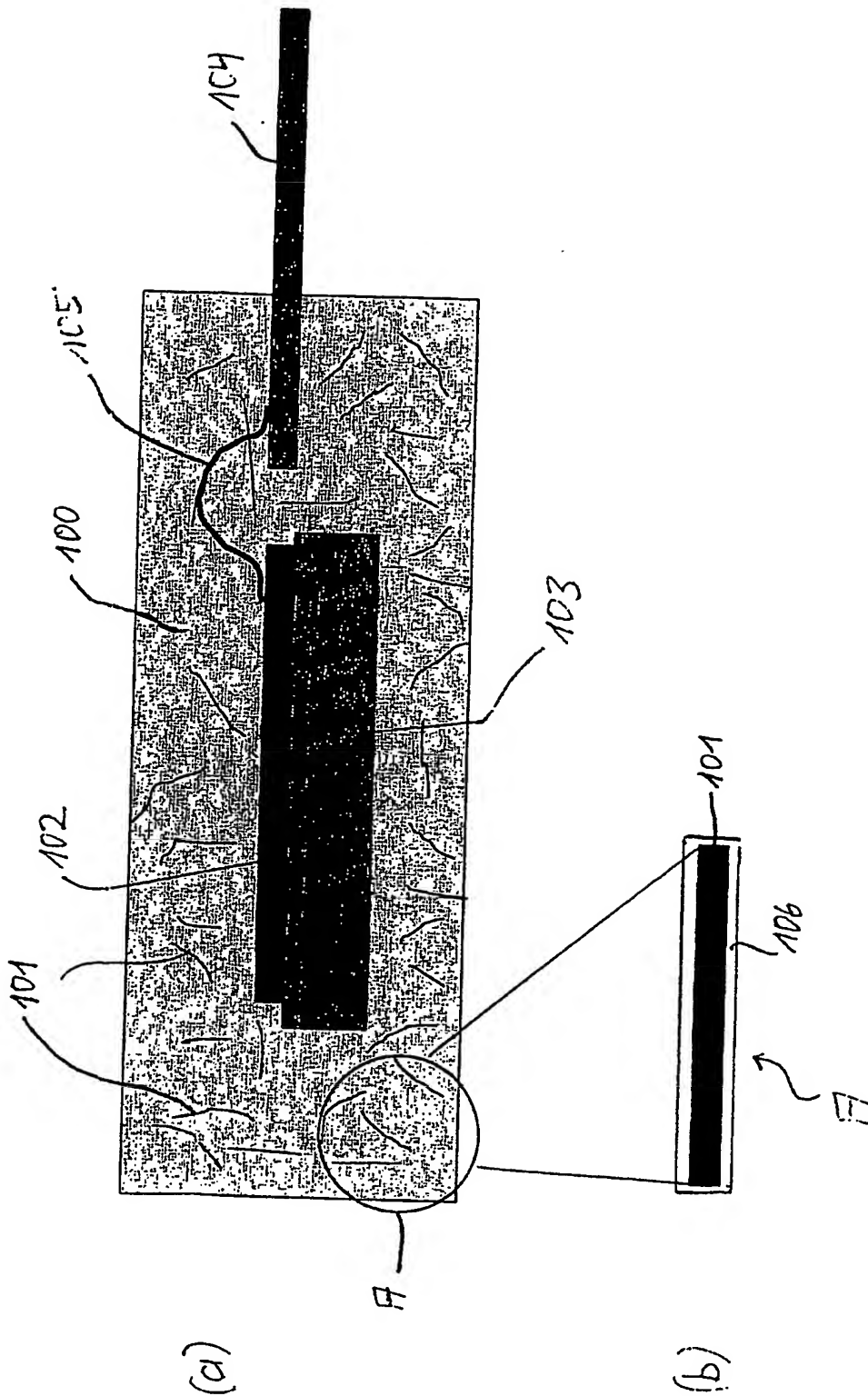


Fig. 1

2/3

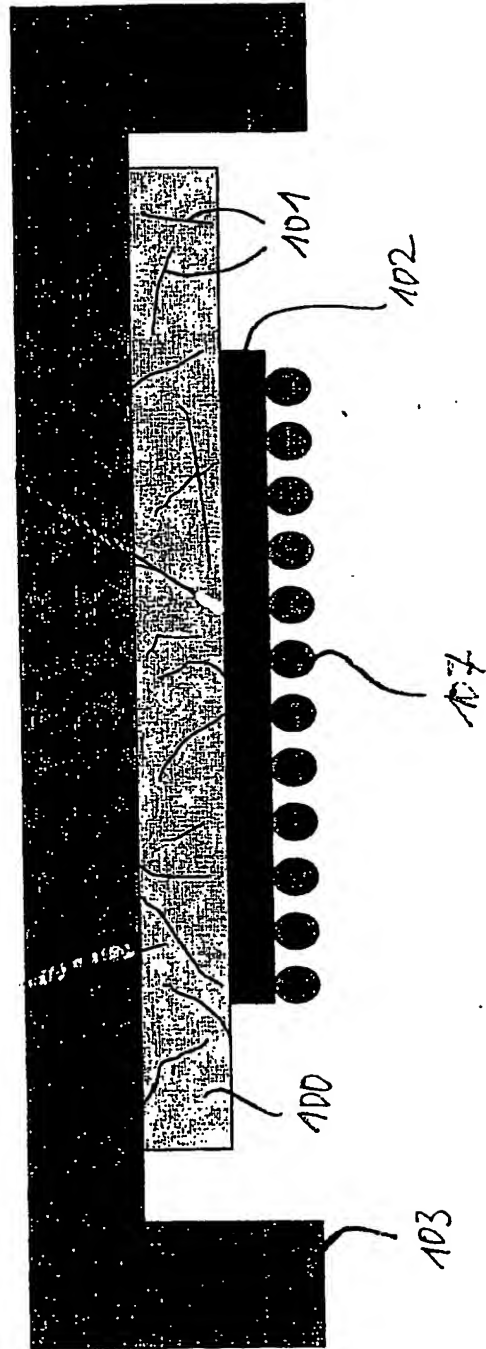


Fig. 2

3/3

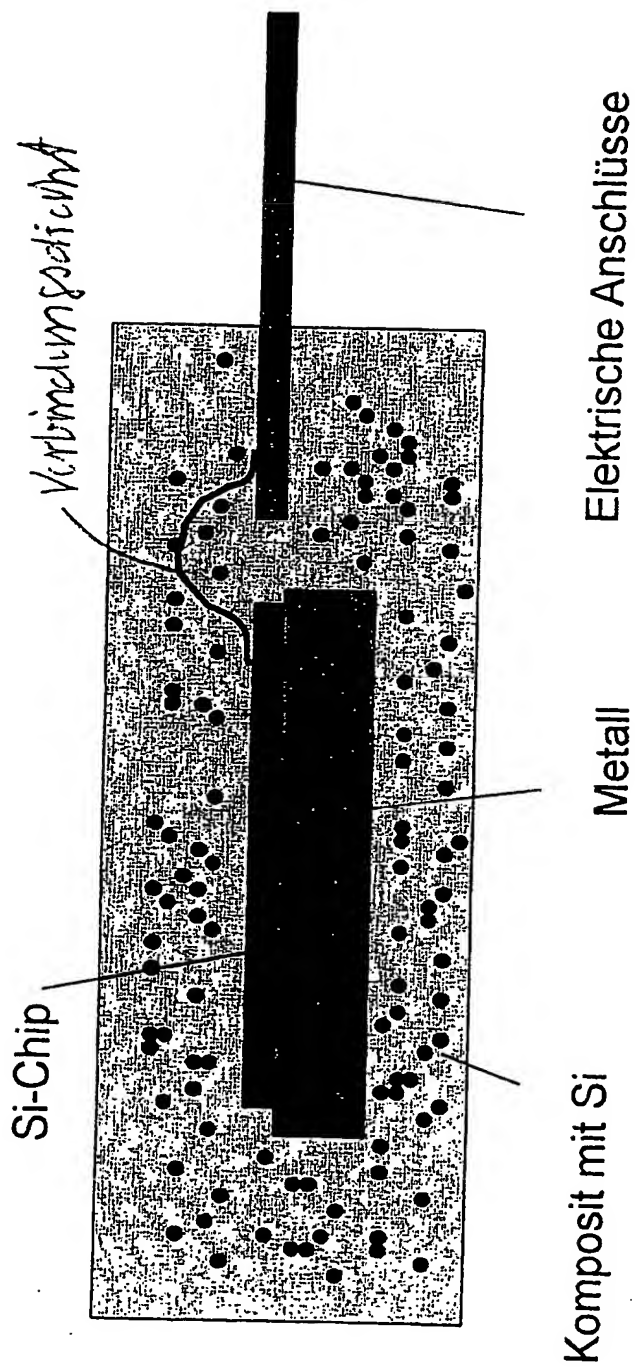


Fig. 3 (Stand der Technik)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.